

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-294609  
(43)Date of publication of application : 20.10.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/66  
G01B 11/30  
G01N 21/88

(21)Application number : 11-102181  
(22)Date of filing : 09.04.1999

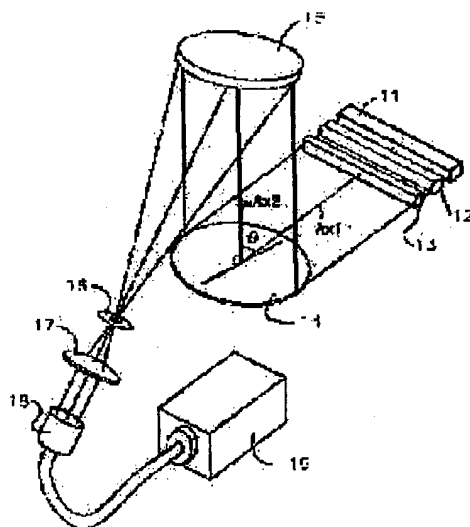
(71)Applicant : NIKON CORP  
(72)Inventor : KOIDE NORIYUKI  
KOMATSU KOICHIRO

### (54) INSPECTION DEVICE AND METHOD

#### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent generation of unwanted beam of the diffraction beam by limiting the wavelength of the inspection beam to a predetermined wavelength in order to limit the guidance, to the inspection system, of the diffraction beam that is generated through irradiation with inspection beam to the surface to be inspected.

**SOLUTION:** After the light flux emitted from a light source 11 is converted to almost parallel light flux with a cylindrical lens 12 as the collimate optical system, such a parallel light flux is then incident to a wavelength selection filter 13 that transmits only the beam of the predetermined wavelength. The light flux of the predetermined wavelength selected with this filter 13 is then emitted, as the inspection beam, to the surface of a wafer 14 as the inspection object with a large incident angle  $\theta$ . In this case, when the wavelength of light flux limited by the filter 13 is defined as  $\lambda_r$ , the filter 13 limits the wavelength within the range satisfying the formula  $P(\sin\theta - NA) \leq \lambda_r \leq P(\sin\theta + NA)$  without guidance of light flux to the wafer 14.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-294609

(P2000-294609A)

(43) 公開日 平成12年10月20日 (2000. 10. 20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/30		G 0 1 B 11/30	A 2 G 0 5 1
G 0 1 N 21/88		G 0 1 N 21/88	6 4 5 A 4 M 1 0 6

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-102181

(22) 出願日 平成11年4月9日 (1999. 4. 9)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 小出 龍幸

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 小松 宏一郎

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

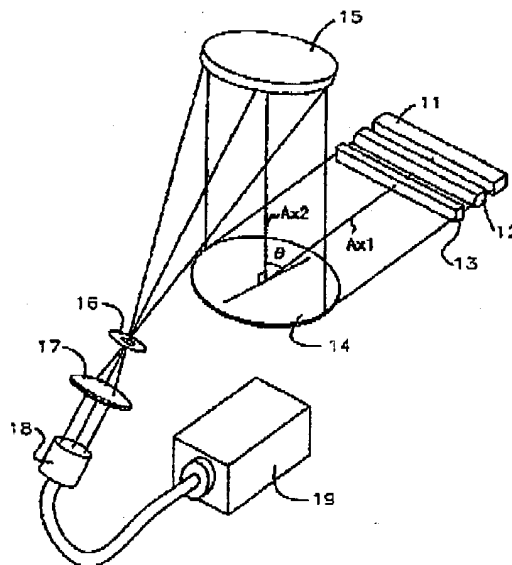
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検査装置および検査方法

(57) 【要約】

【目的】被検物体にて散乱光等の検査に不要な回折光の発生を防止することによって、より一層高い精度のもとで安定した被検物体の検査が達成し得る装置及びび方法を提供する。

【構成】被検面に対して検査光を照射する照射系と、前記被検面からの散乱光を検出する検出系とを有し、前記被検面の状態を検査する検査装置において、前記検査光を前記被検面に照射することにより発生する回折光が前記検出系へ導かれることを制限するために、前記検査光の波長を所定の波長に制限する波長制限手段を配置する。



(2)

特開2000-204609

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】被検面に対して検査光を照射する照射系と、前記被検面からの散乱光を検出する検出系とを有し、前記被検面の状態を検査する検査装置において、前記検査光を前記被検面に照射することにより発生する回折光が前記検出系へ導かれることを制限するために、前記検査光の波長を所定の波長に制限する波長制限手段を配置することを特徴とする検査装置。

【請求項2】前記被検面に形成されているパターンのピッチをPとし、前記被検面を照明する検査光の入射角を $\theta$ 、前記被検面の法線方向と前記回折光とのなす角を回折角 $\phi$ 、前記波長制限手段によって制限される光の波長を $\lambda$ 、前記検出系の開口数をNA、前記回折光の次数をnとすると、

$$P(\sin\theta - \sin\phi - NA) / n \leq \lambda \leq P(\sin\theta - \sin\phi + NA) / n$$

の関係を満たすことを特徴とする請求項1に記載の検査装置。

【請求項3】前記照射系によって前記被検面に照射される前記検査光の入射角を $\theta$ とすると、 $8.5^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ の関係を満たすことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の検査装置。

【請求項4】被検面の状態を検査する検査方法において、照射系を用いて前記被検面に対して検査光を照射する照射工程と、

検出系を用いて前記被検面からの散乱光を検出する検出工程とを含み、

前記照射工程は、前記検査光を前記被検面に照射することにより発生する回折光が前記検出系へ導かれることを防止するために、所定の波長を持つ光を前記検査光として前記被検面へ導くことを特徴とする検査方法。

【請求項5】前記被検面に形成されているパターンをピッチをPとし、前記被検面を照明する検査光の入射角を $\theta$ 、前記被検面の法線方向と前記回折光とのなす角を回折角 $\phi$ 、前記検査光の波長を $\lambda$ 、前記検出系の開口数をNA、前記回折光の次数をnとすると、前記照明工程は、

$$\lambda < P(\sin\theta - \sin\phi - NA) / n, P(\sin\theta - \sin\phi + NA) / n < \lambda$$

の関係を満たすことを特徴とする請求項4に記載の検査方法。

【請求項6】前記照射工程は、前記検査光の波長を所定の波長に制限する波長制限工程を含むことを特徴とする請求項4に記載の検査方法。

【請求項7】前記被検面に形成されているパターンをピッチをPとし、前記被検面を照明する検査光の入射角を $\theta$ 、前記被検面の法線方向と前記回折光とのなす角を回折角 $\phi$ 、前記波長制限手段によって制限される光の波長を $\lambda$ 、前記検出系の開口数をNA、前記回折光の次数

2

をnとすると、前記波長制限工程は、

$$P(\sin\theta - \sin\phi - NA) / n \leq \lambda \leq P(\sin\theta - \sin\phi + NA) / n$$

の関係を満たすことを特徴とする請求項6に記載の検査方法。

【請求項8】検査光を供給する光源を含み被検面に対して前記検査光を照射する照射系と、前記被検面からの散乱光を光電的に検出する光電検出器を含む検出系とを有し、前記被検面の状態を検査する検査装置において、

前記検査光を前記被検面に照射することにより発生する不要な回折光が前記光電検出器の光電検出面へ導かれることを制限するために、前記光源と光電検出器との間の光路中に光の波長を所定の波長に制限する波長制限手段を配置することを特徴とする検査装置。

【請求項9】光を供給する光源を含み被検面に対して前記光を照射する照射系と、前記被検面からの光を光電的に検出する光電検出器を含む検出系とを有し、前記被検面の状態を検査する検査装置において、

前記光を前記被検面に照射することにより発生する不要な光が前記光電検出器の光電検出面へ導かれることを制限するために、前記光源と光電検出器との間の光路中に光の波長を所定の波長に制限する波長制限手段を配置することを特徴とする検査装置。

【請求項10】被検面の状態を検査する検査方法において、

前記被検面に対して光を照射する照射工程と、前記被検面からの光を検出する検出工程とを含み、前記照射工程と前記検出工程とのいずれか一方は、前記光を前記被検面に照射することにより発生する不要な光が前記検出工程にて検出されることを防止するために、光の波長を所定の波長に制限する波長制限工程を含むことを特徴とする検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、表面に微細な繰り返しパターンが形成されている被検物体に付着したゴミ等の異物や傷を検査するための表面検査装置に関するものであり、特に半導体ウエハ、液晶表示パネルあるいは薄膜磁気ヘッド等の半導体デバイスの製造時の検査に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】従来においては、例えば、特開平5-232032号公報に開示されているように、照明光学系からの光を被検物体へ照射し、その被検物体の表面からの散乱光を目視観察を行うことにより、被検物体の表面の異物や傷等の異常を検査していた。

【0003】また、特開平7-27799号公報に開示されているように、照明光学系からの光を被検物体へ照射し、その被検物体の表面からの散乱光を検出光学系や受光光学系で検出して、被検物体表面での暗視野像を得

(3)

特開2000-294609

3

た後に、画像処理によって被検物体の表面の欠陥を検査していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の公知の検査装置においては、所定の繰り返しパターン等が形成されている被検物体を観察しようとする、被検物体への照明条件によっては、検出に不要な回折光が検出光学系や受光光学系に入射するために、被検物体の観察または検査が困難となる問題が生じていた。

【0005】そこで、本発明では、上記の課題に鑑みてなされたものであり、被検物体からの散乱光等の検査光を用いた被検物体の検査又は観察において、回折光等の不要な光の発生を防止することによって、この不要光が検出系や受光系に入射することを抑え、より一層高い精度のもとで安定した被検物体の検査又は観察が達成し得る検査装置および検査方法を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、請求項1に係る発明では、被検面に対して検査光を照射する照射系と、前記被検面からの散乱光を検出する検出系とを有し、前記被検面の状態を検査する検査装置において、前記検査光を前記被検面に照射することにより発生する回折光が前記検出系へ導かれることを制限するために、前記検査光の波長を所定の波長に制限する波長制限手段を配する検査装置を提供する。

【0007】この場合、請求項2に記載しているように、前記被検面に形成されているパターンのピッチをPとし、前記被検面を照明する検査光の入射角を $\theta$ 、前記被検面の法線方向と前記回折光とのなす角を回折角 $\phi$ 、前記波長制限手段によって制限される光の波長を $\lambda_r$ 、前記検出系の開口数をNA、前記回折光の次数をnとすると、

$$P(\sin\theta - \sin\phi - NA) / n \leq \lambda_r \leq P(\sin\theta - \sin\phi + NA) / n$$

の関係を満たすことが望ましい。

【0008】特に、請求項3に記載しているように、前記照射系によって前記被検面に照射される前記検査光の入射角を $\theta$ とすると、 $85^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ の関係を満たすことをより望ましい。また、請求項4に係る発明では、被検面の状態を検査する検査方法において、照射系を用いて前記被検面に対して検査光を照射する照射工程と、検出系を用いて前記被検面からの散乱光を検出する検出工程とを含み、前記照射工程は、前記検査光を前記被検面に照射することにより発生する回折光が前記検出系へ導かれることを防止するために、所定の波長を持つ光を前記検査光として前記被検面へ導く検査方法を提供する。

【0009】このとき、請求項5に記載しているように、前記被検面に形成されているパターンのピッチをP

4

とし、前記被検面を照明する検査光の入射角を $\theta$ 、前記被検面の法線方向と前記回折光とのなす角を回折角 $\phi$ 、前記検査光の波長を $\lambda$ 、前記検出系の開口数をNA、前記回折光の次数をnとすると、前記照明工程は、 $\lambda < P(\sin\theta - \sin\phi - NA) / n$ 、 $P(\sin\theta - \sin\phi + NA) / n < \lambda$

の関係を満たすことが好ましい。

【0010】また、請求項6に記載しているように、前記照射工程は、前記検査光の波長を所定の波長に制限する波長制限工程を含むことが望ましい。この場合、請求項7に記載しているように、前記被検面に形成されているパターンのピッチをPとし、前記被検面を照明する検査光の入射角を $\theta$ 、前記被検面の法線方向と前記回折光とのなす角を回折角 $\phi$ 、前記波長制限手段によって制限される光の波長を $\lambda_r$ 、前記検出系の開口数をNA、前記回折光の次数をnとすると、前記波長制限工程は、 $P(\sin\theta - \sin\phi - NA) / n \leq \lambda_r \leq P(\sin\theta - \sin\phi + NA) / n$

の関係を満たすことがより一層望ましい。

【0011】また、請求項9に係る発明では、光を供給する光源を含み被検面に対して前記光を照射する照射系と、前記被検面からの光を光電的に検出する光電検出器を含む検出系とを有し、前記被検面の状態を検査する検査装置において、前記光を前記被検面に照射することにより発生する不要な光が前記光電検出器の光電検出面へ導かれることを制限するために、前記光源と光電検出器との間の光路中に光の波長を所定の波長に制限する波長制限手段を配置した検査装置を提供する。

【0012】また、請求項10に係る発明では、被検面の状態を検査する検査方法において、前記被検面に対して光を照射する照射工程と、前記被検面からの光を検出する検出工程とを含み、前記照射工程と前記検出工程とのいずれか一方は、前記光を前記被検面に照射することにより発生する不要な光が前記検出工程にて検出されることを防止するために、光の波長を所定の波長に制限する波長制限工程とを含む検査方法を提供する。

【0013】

【発明の実施の形態】図1に参照しながら本発明による第1の実施の形態について説明する。図1に示すように、ハロゲンランプ等の光源11からは、所定の波長域の光束が供給され、この光源11から発散する光束は、コリメート光学系としてのシリンドリカルレンズ12によってほぼ平行な光束に変換された後、所定の波長の光束のみを通過させる波長選択フィルター13に入射する。

【0014】このフィルター13によって、選択された所定の波長の光束は、検査用の光として、被検物体としてのウエハ14の表面を大きな入射角 $\theta$ のもとで照明する。ここで、ウエハ14の表面（被検面）に照射される検査光の入射角 $\theta$ は、 $85^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ の関係を満た

50

(4)

特開2000-294609

6

すことが好ましく、より好ましくは、ウエハ14を照明する検査光の入射角 $\theta$ は $88^\circ$ 程度であることが好ましい。なお、ウエハ14は、不図示ではあるが、ウエハ14を保持するステージによって保持されており、また、光源11、シリンダカルレンズ12及びフィルター13によって、照明光学系（照射光学系）が構成されている。この照明光学系のウエハ側（被検面側）の光軸Ax1は、ウエハ14の法線方向に対して所定の角度 $\theta$ （入射角 $\theta$ と同じ角度）だけ傾斜するように配置されている。

【0015】さて、ウエハ14の表面から発生する散乱光の内の検出用の散乱光は、ウエハ14のほぼ垂直方向に沿って進行し、所定の曲率半径を持つ凹面形状の反射面を有する反射鏡15により集光作用を受ける。この集光作用を受けた散乱光は、結像レンズ17を介した後、CCD等の撮像素子（光電検出器）18に導かれる。ここで、反射鏡15と結像レンズ17とで検出光学系（受光光学系）が構成されており、ウエハ14の表面（被検面）と撮像素子18の撮像面（検出面）とは、検出光学系

$$(1) \quad \lambda < P(\sin\theta - NA), P(\sin\theta + NA) / n < \lambda$$

換言すれば、フィルター13が制限する光束の波長を $\lambda_r$ とすると、フィルター13は、以下の条件(2)を満たす

$$(2) \quad P(\sin\theta - NA) \leq \lambda_r \leq P(\sin\theta + NA)$$

以上の条件を満たすように、フィルター13は構成されているため、ウエハ14へ導かれる照射光束は、ウエハ14上の異物や傷等によって散乱光となって、ウエハ14の法線方向に沿って進む検出光として、検出光学系（15～17）へ導かれる一方、ウエハ14の法線方向に沿って進む不要な回折光が生じない。従って、検出光学系（15～17）には常に検出や検査に必要な光（散乱光）のみが導かれるため、高精度のもとで安定したウエハ14の検査を達成することができる。この結果、半導体デバイス（半導体素子、液晶表示パネルあるいは薄膜磁気ヘッド等）を製造する際に、図1に示す第1の実施の形態に係る検査装置を用いれば、不良となる半導体デバイスを精度良く分別することができるため、良好な半導体デバイスを製造することができる。

【0017】ここで、一例として、ウエハ14を照明する照明光の波長を $449.7\text{nm}$ とし、ウエハ14を照明する照明光の入射角 $\theta$ を $88^\circ$ 、ウエハ14上に形成されている周期的なパターン13のピッチ $P$ を $0.5\mu\text{m}$ とすると、ウエハ14の法線方向には、波長を $449.7\text{nm}$ の波長を持つ照明光に関する+1次回折光が発生する。このため、今、検出光学系（15～17）のウエハ側（被検面側）の開口数NAを $0.01$ とすると、上記の不要な+1次回折光を検出光学系（15～17）へ導かないためには、上記条件(1)の関係から、ウエハ14へ導かれる照明光の波長範囲は、 $\lambda < 495\text{nm}$ 、 $505\text{nm} < \lambda$ とすることが好ましい。従って、フィルター13は、 $\lambda < 495\text{nm}$ 、 $505\text{nm} < \lambda$ の範囲の

\*系（15、17）に関して、光学的に共役である。この検出光学系のウエハ側（被検面側）の光軸Ax2は、ウエハ14の法線方向と同じ方向となるように配置されている。なお、反射鏡15の検出側（後側）の焦点位置（又は結像レンズの被検面側（前側）の焦点位置）には、所定の光束を通過させるための開口絞り15が設けられている。

【0016】さて、撮像素子18の撮像面（検出面）上において形成されたウエハ14の表面（被検面）の像は光電変換されて、この光電変換情報は電気信号として接続コードを介して画像処理装置19へ入力され、この画像処理装置19にてウエハ14の表面での欠陥が検出される。以上の第1の実施の形態において、ウエハ14に照射される検査光の波長を $\lambda$ とし、ウエハ14上に形成されたパターンのピッチを $P$ 、ウエハ14の法線方向に対する検査光の入射角を $\theta$ 、検出光学系（15～17）の開口数をNAとすると、フィルター13は、以下の条件(1)を満足する範囲の波長を検査光としてウエハ14へ導く機能を有している。

\* 足る範囲の波長をウエハ14へ導くことなく制限する機能を有している。

波長を通過させてウエハ14へ導く波長特性を有することが望ましい。

【0018】但し、ウエハ上の回路パターンの線幅には、一般的に、 $\pm 20\%$ 程度のバラツキがあるため、今、ウエハ上に形成されている回路パターンの線幅を $0.4\mu\text{m} < P < 0.6\mu\text{m}$ の範囲とすると、上記条件(2)の関係から、フィルター13は、 $396\text{nm} \leq \lambda_r \leq 606\text{nm}$ の範囲の波長の光を制限する（透過させない）波長特性を持つことが望ましい。

【0019】ところで、図2においては、本発明の第1の実施の形態による第1変形例を示している。図2に示す第1変形例において、図1に示す第1実施の形態と比べて異なる箇所は、図1に示すフィルター13の代わりに所定の波長のみを反射させてウエハ14へ導くダイクロイックミラー13aを配置した点である。

【0020】すなわち、ダイクロイックミラー13aは、上記条件(1)を満たす範囲の波長を持つ光を反射させ、上記条件(2)を満たす範囲の波長を持つ光は反射させない機能を有している。このため、図2に示すダイクロイックミラー13aを用いても、検出光学系（15～17）にはウエハ14で発生する不要な回折光は入射することなく、検出又は検査に必要な散乱光のみが入射するため、図1に示したフィルター13と同様に、不要な回折光の影響を受けることなく精度良くウエハ14の表面の欠陥を検査することができる。この結果、半導体デバイス（半導体素子、液晶表示パネルあるいは薄膜磁気ヘッド等）を製造する際に、図2に示す第

(5)

特開2000-294609

7

1変形例に係る検査装置を用いれば、不良となる半導体デバイスを精度良く分別することができるため、良好なる半導体デバイスを製造することができる。

【0021】ところで、図3においては、本発明の第1の実施の形態による第2変形例を示している。図3に示す第2変形例において、図1に示す第1実施の形態と比べて異なる箇所は、図1に示すフィルター13の代わりに所定の波長範囲のみをカットするバンドカット光学系(31b~31e)を配置した点である。

【0022】ここで、バンドカット光学系は、所定の第1波長 $\lambda_1$ 以下の短い波長の光を透過させる共に所定の第1波長 $\lambda_1$ よりも長い波長の光を反射させる第1ダイクロイックミラー31bと、第1ダイクロイックミラー31bを通過した光を反射させる偏向ミラー31dと、第1ダイクロイックミラー31bを反射した光を反射させる偏向ミラー31eと、所定の第2波長 $\lambda_2$ 以下の短い波長の光を反射させる共に所定の第2波長 $\lambda_2$ よりも長い波長の光を透過させる第2ダイクロイックミラー31cとを有している。

【0023】但し、ウエハ14の法線方向に対する照明光の入射角を $\theta$ 、検出光学系(15~17)の開口数をNAとすると、上記第1波長の光 $\lambda_1$ 及び第2波長の光 $\lambda_2$ には、以下の条件(3)および(4)の関係が成立している。

$$(3) \quad \lambda_1 = P(\sin\theta - NA)$$

$$(4) \quad \lambda_2 = P(\sin\theta + NA)$$

以上の図3に示すバンドカット光学系(31b~31e)を用いても、検出光学系(15~17)にはウエハ14で発生する不要な回折光は入射することなく、検出又は検査に必要とされる散乱光のみが入射するため、図1にて示したフィルター13と同様に、不要な回折光の影響を受けるとなく精度良くウエハ14の表面の欠陥を検査することができる。この結果、半導体デバイス(半導体素子、液晶表示パネルあるいは薄膜磁気ヘッド等)を製造する際に、図3に示す第2変形例に係る検査装置を用いれば、不良となる半導体デバイスを精度良く分別することができるため、良好なる半導体デバイスを製造することができる。

【0024】ところで、以上の図1~図3に示した例においては、波長制限手段として、フィルター13、ダイクロイックミラーあるいはバンドカット光学系(31b~31e)を用いた例を示したが、本発明はこれに限ることなく、波長制限手段として、分光光学系を用いることが可能である。そこで、次に、本発明の第1の実施の形態による第3変形例を図4を参照しながら説明する。

【0025】第3変形例においては、図1に示すようにフィルター13の代わりに、図4に示す分光光学系を設けた例を示しており、図4に示す分光光学系は、図1に示されるフィルター13と同様に、シリンドリカルレン

8

ズ12とウエハ14との間の光路中に配置されている。図4においては不図示ではあるが、光源11からの光はシリンドリカルレンズ12によってほぼ平行光束に変換され、その変換された平行光束が図4に示す分光光学系へ導かれる。図4に示すように、分光光学系は、第1プリズム13 $\alpha$ 、第1レンズ13 $\beta$ 、第2レンズ13 $\gamma$ 、第2プリズム13 $\delta$ および遮光板13 $\epsilon$ によって構成され、この分光光学系を通過した光が所定の入射角 $\theta$ のもとでウエハ14を照明する。

【0026】不図示のシリンドリカルレンズ12を通過した光は、図4に示すように、第1プリズム13 $\alpha$ に入射し、波長毎に異なる角度で屈折(分光)された後、第1プリズム13 $\alpha$ を射出して第1レンズ13 $\beta$ へ入射する。ここで、第1プリズム13 $\alpha$ の内部において、波長が長ければ長い程、屈折角は小さく、逆に、波長が短ければ短い程、屈折角は大きくなる。第1レンズ13 $\beta$ の光源側焦点位置(前側焦点位置)と第1プリズム13 $\alpha$ による光線の分岐の原点位置Uとがほぼ等しくなるように、第1プリズム13 $\alpha$ と第1レンズ13 $\beta$ とはそれぞれ位置決めされている。

【0027】第1プリズム13 $\alpha$ にて分光された各波長の光線は、第1レンズ13 $\beta$ によってほぼ平行光束にそれぞれ変換され、遮光板13 $\epsilon$ によって第1波長 $\lambda_1$ から第2波長 $\lambda_2$ までの間の波長域の光が遮光される。すなわち、 $\lambda_1 < \lambda_2$ の関係があるものとし、遮光板13 $\epsilon$ によって遮光される光の波長を $\lambda_r$ とすると、遮光板13 $\epsilon$ は、以下の条件(5)を満足する。

$$(5) \quad \lambda_1 \leq \lambda_r \leq \lambda_2$$

従って、遮光板13 $\epsilon$ は上記条件(5)を満足していることから、前述した条件(1)を満足していることが分かる。

【0028】ここで、遮光板13 $\epsilon$ が配置される位置には、図4の光束の上下方向に沿って短波長の光線から長波長の光線が分布し、遮光板13 $\epsilon$ によって第1波長 $\lambda_1$ から第2波長 $\lambda_2$ までの間の波長域の光(不要な光)が遮光されるため、第2レンズ13 $\gamma$ (又はウエハ14)へ導かれる光束の波長を $\lambda$ とすると、以下の条件(6)を満足する光束が遮光板13 $\epsilon$ を通過する。

$$(6) \quad \lambda < \lambda_1, \lambda_2 < \lambda$$

従って、遮光板13 $\epsilon$ は上記条件(6)を満足していることから、前述した条件(1)を満足していることも分かる。

【0029】遮光板13 $\epsilon$ を通過した光束は、第2レンズ13 $\gamma$ の集光作用によって合成点Vに向けて集光された後、第2プリズム13 $\delta$ によって上記条件(6)を満足する各波長の光は同一光路に沿って合成された上で、不図示のウエハ14を照射する。このように、図4に示す分光光学系を射出する光束は、上記条件(1)の範囲のみを満たすため、不図示の検出光学系には、ウエハ14にて発生する不要な回折光は何ら入射することなく、

9

検出に必要とされる散乱光のみが入射する。従って、図1に示した例と同様に、ウェハ14上のパターンによる回折光の影響を何ら受けることなく、ウェハ14の表面を精度良く安定的に検出や検査することができる。この結果、半導体デバイス（半導体素子、液晶表示パネルあるいは薄膜磁気ヘッド等）を製造する際に、図4に示す第3変形例に係る検査装置を用いれば、不良となる半導体デバイスを精度良く分別することができるため、良好なる半導体デバイスを製造することができる。

【0030】なお、遮光板13εは、第1レンズ13βの後側焦点位置又はその近傍に配置されると共に第2レンズ13γの前側焦点位置又はその近傍に配置されることが望ましい。また、図4に示される分光光学系中に配置されている2つのプリズム（13α、13δ）は互いに同じ頂角かつ同じ材質（硝子）で構成されることが望ましく、さらに、図4に示される分光光学系中に配置されている2つのレンズ（13β、13γ）は互いに同じ焦点距離かつ同じ材質（硝子）で構成されることが好ましい。

【0031】また、図4に示す遮光板13εとして光透過性の液晶表示素子を用いて、その液晶表示素子を電気的に制御することによって透過する光の波長範囲を変更し得る構成としても良い。このとき、図1に示す撮像素子18からの画像信号をモニターして、ウェハ14を照射する光の波長範囲をフィードバックしながら決定しても良い。

【0032】さらに、また、以上の図1～図4に示した例においては、フィルター13、ダイクロイックミラー、バンドカット光学系（31b～31e）あるいは分光光学系（13α～13δ）等の波長制限手段を照明系中、すなわちシリンドリカルレンズ12とウェハ（被照射物体）14との間の光路中に配置した例を示したが、本発明はこれらに限ることなく、この波長制限手段を検出系（受光系）中、すなわち結像レンズ17と撮像素子18との間の光路中等に配置することも可能である。この場合においても、波長制限手段を照明系中に配置した例と同様に、不要な回折光が撮像素子18に検出されることがなく、検出に必要な散乱光のみを検出することができるため、ウェハ14の表面を精度良く安定的に検出や検査することができる。従って、本発明によれば、半導体デバイス（半導体素子、液晶表示パネルあるいは薄膜磁気ヘッド等）を製造する際において、不良となる半導体デバイスを精度良く分別することができるため、良好なる半導体デバイスを製造することができる。

【0033】さて、次に、本発明による第2の実施の形態について図5を参照しながら説明する。図5に示す第2の実施の形態と図1に示す第1の実施の形態との差異は、ウェハからの散乱光を検出する検出光学系（受光光学系）の配置が異なる点である。すなわち、図1に示す第1の実施の形態においては、ウェハ14の垂直方向

(6)

特開2000-294609

10

（法線方向）に沿って発生する散乱光を検出するように検出光学系は配置されていたが、図5に示す第2の実施の形態では、ウェハ24の垂直方向に対して所定の角度φだけ傾斜した方向に沿って発生する散乱光を検出するように検出光学系が配置されている。

【0034】図5に示すように、光源21から供給される所定の波長域を持つ光束は、コリメート光学系としてのシリンドリカルレンズ22によってほぼ平行な光束に変換され、波長選択フィルター23によって所定の波長の光のみが抽出される。このフィルター23を通過した光（選択された光）は、検査用の光として、被検物体としてのウェハ24の表面を所定の入射角θのもとで照明する。すなわち、この照明光学系のウェハ側（被検面側）の光軸Ax1は、ウェハ24の法線方向に対して所定の角度θ（入射角θと同じ角度）だけ傾斜するように配置されている。

【0035】さて、ウェハ24の表面から発生する散乱光の内の検出用の散乱光は、ウェハ24の垂直方向に対して所定の角度φだけ傾斜した方向に沿って進行し、所定の曲率半径を持つ凹面形状の反射面を有する反射鏡25により集光作用を受ける。この集光作用を受けた散乱光は、開口絞り26及び結像レンズ27を介した後、CCD等の撮像素子（光電検出器）28に導かれる。そして、撮像素子28の撮像面（検出面）上において形成されたウェハ24の表面（被検面）の像は光電変換されて、この光電変換情報は電気信号として接続コードを介して電気信号として画像処理装置29へ入力され、この画像処理装置29にてウェハ24の表面での欠陥が検出される。

【0036】なお、検出光学系のウェハ側（被検面側）の光軸Ax2は、ウェハ24の垂直方向に対して所定の角度φだけ傾斜した方向となるように配置されている。以上の第2の実施の形態において、ウェハ24の垂直方向に対して所定の角度φだけ傾斜した方向に沿ってウェハ24からの回折光が発生しない条件について以下において検討する。

【0037】まず、ウェハ（被照射物体）24を照射する照射光（検査光）の波長をλ、ウェハ（被照射物体）24に形成される周期的なパターンのピッチをP、検出に不要な回折光の次数をn（但し：nは整数）、不要な回折光の回折角（ウェハ表面等の被照射面の法線方向と不要な回折光の発生方向とのなす角）をφ、とすると、以下に示す式（7）に示す関係が成立する。

$$(7) \quad n\lambda/P = \sin\theta - \sin\phi$$

但し、入射角θはウェハ24の表面（被検面）の法線を基準として入射光線側（照明系側）になす角度方向を正とし、それとは反対側になす角度方向を負としている。また、回折角φは、ウェハ24の表面（被検面）の入射光線側（照明系側）になす角度方向を負とし、それとは反対側になす角度方向を正としている。さらに、回折次

11

数 $n$ は、ウエハ24への正反射光を基準として、入射光線側（照明系側）になす角度方向を負とし、それとは反対側になす角度方向を正としている。

【0038】また、検出光学系（25～27）を開口数 $n$

$$(8) \lambda < P(\sin\theta - \sin\phi - NA) / n, P(\sin\theta - \sin\phi + NA) / n < \lambda$$

従って、図5に示す波長選択フィルター23は、上記条件（8）を満足する範囲の波長を検査光としてウエハ24へ導く機能を有している。

【0039】換言すれば、フィルター23が制限する光 $\lambda$

$$(9) P(\sin\theta - \sin\phi - NA) / n \leq \lambda \leq P(\sin\theta - \sin\phi + NA) / n$$

以上の条件（8）または条件（9）を満足するように、フィルター23は構成されているため、ウエハ24へ導かれる照射光束は、ウエハ24上の異物や傷等によって散乱光となって、ウエハ24の法線方向からゆだけ傾斜した方向に沿って進む検出光として、検出光学系（25～27）へ導かれる一方、ウエハ24の法線方向からゆだけ傾斜した方向に沿って進む不要な回折光は生じない。従って、検出光学系（25～27）には常に検出や検査に必要な光（散乱光）のみが導かれるため、高精度のもとで安定したウエハ24の検査を達成することができる。従って、半導体デバイス（半導体素子、液晶表示パネルあるいは薄膜磁気ヘッド等）を製造する際に、図5に示す装置を用いれば、不良となる半導体デバイスを製造することができる。

【0040】なお、例えば、図1に示す如く、ウエハ14の法線方向に対する回折角 $\phi$ が零度となる照射光（検査光）の1次回折光（検出に不要な1次回折光）が検出光学系（15～17）に入射しない場合には、上記条件（8）及び条件（9）における $\sin\theta = 0$ 、 $n = 1$ となり、上記（8）式は上記（1）式に一致し、また上記（9）式は上記（2）式に一致することが分かる。よって、上記条件（8）及び条件（9）は、不要な回折光が検出光学系（15～17、25～27）に混入しないための一般式であることが理解される。

【0041】ところで、図5に示す実施の形態において、ある特定の角度でウエハ24へ入射する照明光のうち、所定の方向に1次回折光を発生させる光の波長を $\lambda_a$ とすると、 $\lambda_a$ の半分の波長（ $\lambda_a/2$ ）の光に関する2次回折光の回折角は、 $\lambda_a$ に関する1次回折光の回折角と一致する。同様に、 $\lambda_a$ の1/3の波長（ $\lambda_a/3$ ）の光に関する3次回折光の回折角は、 $\lambda_a$ に関する1次回折光の回折角と一致する。このため、ウエハ24に形成されている周期性パターンのピッチが粗い場合には、高次数の不要な回折光が検出光学系に混入する可能性がある。従って、検出光学系（25～27）へ2次以上の回折光が入射しないように、特定の波長の光をフィルター23にて制限するように構成することが望ましく、この高次数の不要な回折光が検出光学系に混入しないように特定波長の光を波長制限手段において制限する

(7)

特開2000-294609

12

\*をNAとすると、検出系に不要な回折光を混入させないためには、以下の条件（8）を満足する波長を持つ検査光をウエハ24へ照射すれば良い。

\*架の波長を $\lambda_r$ とすると、フィルター23は、以下の条件（9）を満足する範囲の波長をウエハ14へ導くことなく制限する機能を有している。

ことは、図1乃至図4に示した例においても適用することが好ましい。

【0042】なお、図5に示す実施の形態では、波長制限手段として、波長選択フィルター23を用いた例を示したが、これに限ることなく、例えば、図1～図4に示した如く、波長制限手段として、ダイクロイックミラー13a、バンドカット光学系（31b～31e）あるいは分光光学系（13a～13d）を用いることも可能である。

【0043】さらに、以上の図5に示した例においては、波長選択フィルター23等の波長制限手段を照明系中、すなわちシリンドリカルレンズ22とウエハ（被照射物体）24との間の光路中に配置した例を示したが、本発明はこれに限ることなく、この波長制限手段を検出系（受光系）中、すなわち結像レンズ27と撮像素子28との間の光路中等に配置することも可能である。この場合においても、波長制限手段を照明系中に配置した例と同様に、不要な回折光が撮像素子28に検出されることなく、検出に必要な散乱光のみを検出することができるため、ウエハ24の表面を精度良く安定的に検出や検査することができる。

【0044】また、以上の図1乃至図5に示した例において、被検面としてのウエハ表面を検出光学系（15～18、25～28）の被検面側（前側）の焦点位置と一致するように配置し、さらに、開口絞り（16、26）を凹面鏡（15、25）の検出側（後側）の焦点位置かつ結像レンズ（18、28）の被検面側（前側）の焦点位置に一致するように配置して、検出光学系（15～18、25～28）を両側テレセントリックな光学系に構成することが好ましい。これにより、撮像素子（18、28）の検出面（撮像面）に形成される被検面（ウエハ表面）のパターン像の大きさの変動を良好に抑えることができる。

【0045】なお、本発明は上記請求項1乃至10に記載の発明に限ることなく、例えば、以下の請求項に記載した発明とすることも可能であることは言うまでもない。但し、本発明は、以下の請求項に記載した発明に限られるものでもない。

【請求項11】所定のパターンが形成された基板表面の状態を検査する検査工程を実行することにより半導体デ



(8)

特開2000-294609

13

バイスを製造する方法において、前記検査工程は、照射系を用いて前記基板表面に対して検査光を照射する照射工程と、検出系を用いて前記基板表面からの散乱光を検出する検出工程とを含み、前記照射工程は、前記検査光を前記基板表面に照射することにより発生する回折光が前記検出系へ導かれることを防止するために、所定の波長を持つ光を前記検査光として前記基板表面へ導くことを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

〔請求項12〕前記基板表面に形成されているパターンのピッチをPとし、前記基板表面を照明する検査光の入射角を $\theta$ 、前記基板表面の法線方向と前記回折光とのなす角を回折角 $\phi$ 、前記検査光の波長を $\lambda$ 、前記検出系の開口数をNA、前記回折光の次数をnとすると、前記照明工程は、

$$\lambda < P(\sin\theta - \sin\phi - NA) / n, P(\sin\theta - \sin\phi + NA) / n < \lambda$$

の関係を満たすことを特徴とする請求項11に記載の半導体デバイスの製造方法。

〔請求項13〕前記照射工程は、前記検査光の波長を所定の波長に制限する波長制限工程を含むことを特徴とする請求項11に記載の検査方法。

〔請求項14〕前記基板表面に形成されているパターンのピッチをPとし、前記基板表面を照明する検査光の入射角を $\theta$ 、前記基板表面の法線方向と前記回折光とのなす角を回折角 $\phi$ 、前記波長制限手段によって制限される光の波長を $\lambda_r$ 、前記検出系の開口数をNA、前記回折光の次数をnとすると、前記波長制限工程は、 $P(\sin\theta - \sin\phi - NA) / n \leq \lambda_r \leq P(\sin\theta - \sin\phi + NA) / n$

の関係を満たすことを特徴とする請求項13に記載の検査方法。

〔請求項15〕所定のパターンが形成された被検面を有する基板を検査する検査工程を含む半導体デバイスを製造する方法において、前記検査工程は、前記被検面に対して光を照射する照射工程と、前記被検面からの光を検出する検出工程とを含み、前記照射工程と前記検出工程とのいずれか一方は、前記光を前記被検面に照射することにより発生する不要な光が前記検出工程にて検出され\*

14

\*ることを防止するために、光の波長を所定の波長に制限する波長制限工程とを含むことを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

〔0046〕

〔発明の効果〕以上のように、本発明によれば、回折光等の検出に不要な光の混入を防止し、散乱光等の検出に必要な光のみを検出することができるため、検査用基板（ウェハ）等の被検物体に付着した異物や傷等の異常や欠陥をより正確かつ安定的に検出することができ、誤検出が極めて少ない高い信頼性が確保できる装置及び方法を達成することができる。これにより、良好な半導体デバイス（半導体素子、液晶表示パネルあるいは薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。

〔図面の簡単な説明〕

〔図1〕図1は、本発明における第1の実施の形態に係る検査装置の構成の様子を示す斜視図である。

〔図2〕図2は、本発明における第1の実施の形態に係る検査装置の第1の変形例を構成の様子を示す図である。

〔図3〕図3は、本発明における第1の実施の形態に係る検査装置の第2の変形例を構成の様子を示す図である。

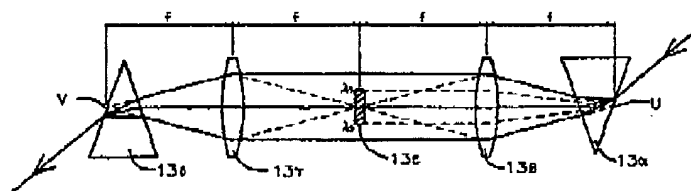
〔図4〕図4は、本発明における第1の実施の形態に係る検査装置の第3の変形例を構成の様子を示す図である。

〔図5〕図5は、本発明における第2の実施の形態に係る検査装置の構成の様子を示す図である。

〔符号の説明〕

- 11.....光源
- 12、22.....シリンダカルレンズ
- 13、23.....波長選択フィルター
- 14、24.....ウェハ
- 15、25.....凹面反射鏡
- 16、26.....開口絞り
- 17、27.....結像レンズ
- 18、28.....撮像素子
- 19、29.....画像処理装置

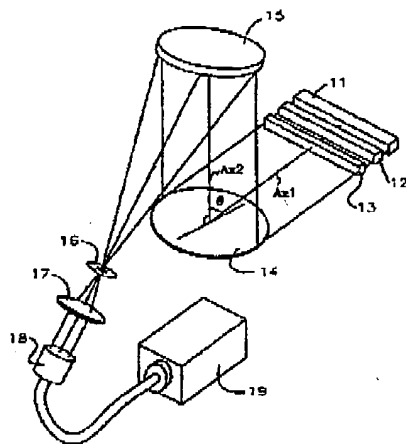
〔図4〕



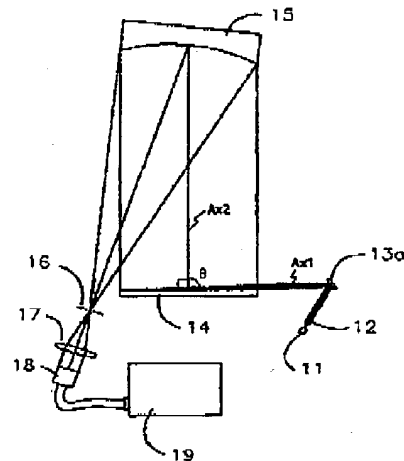
(9)

特開2000-294609

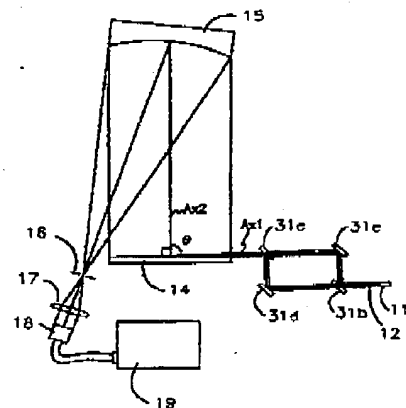
【図1】



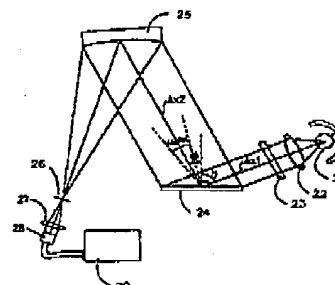
【図2】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

F ターム (参考) 2F065 AA49 BB02 BB03 BB18 CC19  
 CC25 DD12 FF42 GG02 GG16  
 GG21 HH03 HH05 HH12 JJ03  
 JJ09 JJ26 LL04 LL08 LL19  
 LL20 LL22 LL26 LL30 PP11  
 2G051 AAS1 AA71 AA73 AB01 AB07  
 BA20 BB07 CA03 CA04 CB05  
 CC12 EA23  
 4M106 AA01 BA04 CA19 CA41 CA70  
 DB02 DB07 DB12 DB15

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**